

**УДК 51-73**

*К. А. Мішура, студентка групи ПГ-91мп*  
КПІ ім. Ігоря Сікорського

## **ОЧИЩЕННЯ СИГНАЛУ ВІД ШУМУ З ВИКОРИСТАННЯМ ВЕЙВЛЕТ-ПЕРЕТВОРЕННЯ**

**Анотація.** Розглянуто метод очищення сигналів від шумів за допомогою вейвлетів: Добеші, Хаара.. Порівняння та аналіз отриманих результатів.

**Ключові слова:** вейвлет-аналіз, обробка сигналів, вейвлет-перетворення, MEMC датчики.

Мета роботи – порівняння результатів після очищення сигналів за допомогою обраних вейвлет-сімейств.

Мікроелектромеханічні (MEMC) чутливі елементи на сьогодні є одними з найпоширеніших сенсорів, які використовуються в системах керування, орієнтації та навігації мало розмірних рухомих об'єктів, які експлуатуються в різних фізичних середовищах. Розвиток MEMC технологій продовжується у напрямку підвищення точності та розширення функціональних можливостей таких приладів і систем як на мікросистемному технологічному рівні, так і завдяки застосуванню алгоритмічних засобів.

На виході MEMC-датчиків ми отримуємо сигнали різної частоти. Передбачається, що ми заздалегідь маємо певне уявлення про вимірювані нами процеси. Наприклад, при визначенні вектора прискорення дрона шумом є вібрації апарату. Відокремити їх від корисного сигналу можна за допомогою вейвлет-аналізу.

Видалення шуму за допомогою вейвлет-перетворення виконується в чотири етапи [1]:

1. Розклад сигналу по базису вейвлетів.
2. Вибір порогового значення шуму для кожного рівня розкладання.
3. Порогова фільтрація коефіцієнтів деталізації.
4. Реконструкція сигналу.

Вибір вейвлета диктується характеристиками сигналу або зображення і природою додатки. Якщо ви розумієте властивості вейвлета аналізу і синтезу, ви можете вибрати вейвлет, оптимізований для вашого застосування [2].

Вейвлет Хаара - один з перших і найбільш простих вейвлетів. Вейвлети Хаара ортогональні, мають компактний носій, добре локалізовані в просторі, але не є гладкими. Перетворення Хаара використовується для стиснення вхідних сигналів, компресії зображень, в основному кольорових і чорно-білих з плавними переходами. Ідеальний для картинок типу рентгенівських знімків. Даний вид архівації відомий досить давно і безпосередньо виходить з ідеї використання когерентності областей. Ступінь стиснення задається і варіюється в межах 5-100. При спробі задати більший коефіцієнт на різких межах, особливо проходять по діагоналі, проявляється «сходовий ефект» - сходинки різної яскравості розміром в кілька пікселів [3].

Вейвлети Добеші - сімейство ортогональних вейвлетів з компактным носієм, який обчислюється ітераційним шляхом. Вейвлет-перетворення Добеші визначене таким же чином, як і вейвлет-перетворення Хаара - шляхом

обчислення змінних середніх і різниць через скалярні добутки з масштабуючими сигналами і вейвлетами - єдина різниця між ними полягає в тому, як ці масштабуючі сигнали і вейвлети визначені. Для вейвлет-перетворень Добеші масштабування сигналів і вейвлети мають трохи довші опори, тобто вони виробляють середні значення і відмінності, використовуючи лише кілька додаткових значень з сигналу. Ця невелика зміна, однак, забезпечує величезне поліпшення можливостей цих нових перетворень. Вони надають нам набір потужних інструментів для виконання основних завдань обробки сигналів. Ці завдання включають стиснення і видалення шуму для аудіосигналів і зображень, а також включають зображення посилення і розпізнавання сигналів [3].

В даній роботі аналізується змодельований сигнал - комплексна модель одновимірного процесу (рис.1), що дозволяє по локальним показникам якості аналізувати ефективність фільтрів для певних типів елементарних сигналів. Ця комплексна модель містить практично всі види елементарних сигналів. Інтервал часу 5с, частота дискретизації 100 Гц, що відповідає кількості точок в корисному сигналі - 500.

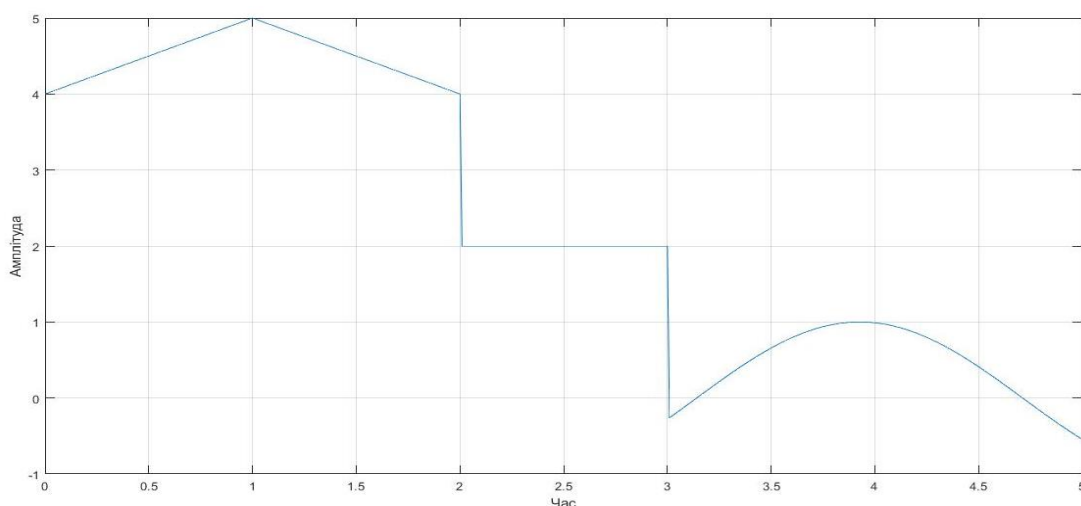


Рисунок 1. Тестовий сигнал

Далі на цей сигнал було накладено випадковий шум у середовищі MatLab з дисперсією 0,2, результат показаний на рис.2.

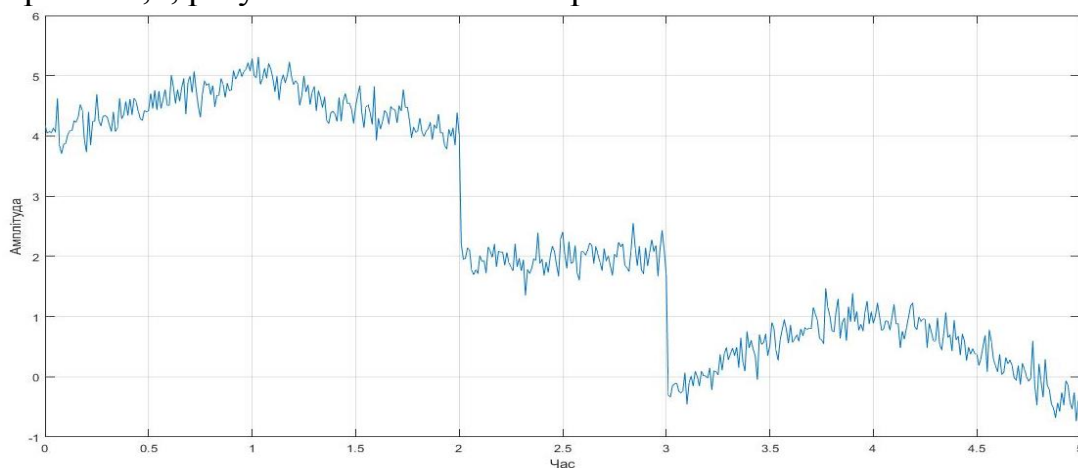


Рисунок 2. Сигнал із шумом

Для очищення сигналу від шуму використовувалися наступні типи вейвлетів: Добеші та Хаара. Вибір цих вейвлетів був зроблений з двох причин: вони є ортогональними і володіють можливістю реконструкції сигналу.

На рис. 3 показані результати вейвлет-розкладання сигналу на 3 рівні з використанням хвильової функції сімейства Добеші 5-го порядку. Для кожного елемента розкладання за віссю абсцис відкладено кількість точок, а за віссю ординат – значення амплітуди. Як видно, апроксимація третього рівня розкладання  $a_3$  відображає тестовий сигнал, середньоквадратична похибка виділення складного тестового сигналу в цілому складає 0,1465.

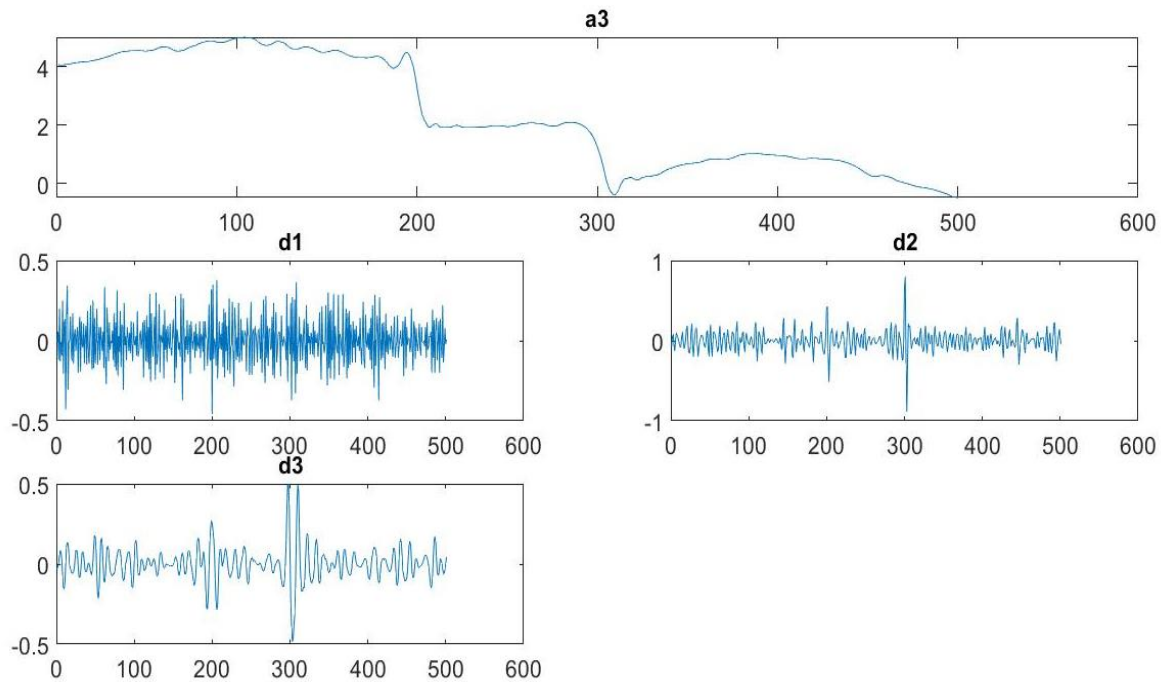


Рисунок 3. Результати вейвлет-розкладання з використанням хвильової функції сімейства Добеші

Наступне вейвлет-розкладання було виконано за допомогою хвильової функції сімейства Хаара. Для виділення тестового сигналу було достатньо розкласти сигнал лише на 2 рівні. Результати наведено на рис. 4. Для кожного елемента розкладання за віссю абсцис відкладено кількість точок, а за віссю ординат – значення амплітуди. Як видно, використання хвильової функції Хаара також забезпечує виділення складного тестового сигналу (апроксимація  $a_2$ ), середньоквадратична похибка становить 0,1624.

Проведені дослідження показали, що кращий результат дає вейвлет сімейства Добеші. Отриманий сигнал майже ідентично повторює форму початкового сигналу та має найбільш згладжений вид. Також, середньоквадратична похибка менша, ніж похибка результатів розкладання за допомогою сімейства Хаара.

## ВИСНОВКИ

Для виділення складного тестового сигналу з адитивної суміші з гаусівським шумом можуть використовуватись технології вейвлетної

фільтрації, які раніше вже показали свою ефективність для на прикладах простих лінійних чи поліноміальних залежностей. Порівняльний аналіз отриманих результатів фільтрації з використанням різних базових хвильових функцій показав переваги використання хвильової функції Добеші. В точках, які відповідають різким змінам тестового сигналу, спостерігаються викривлення, що потребують подальшого згладжування.

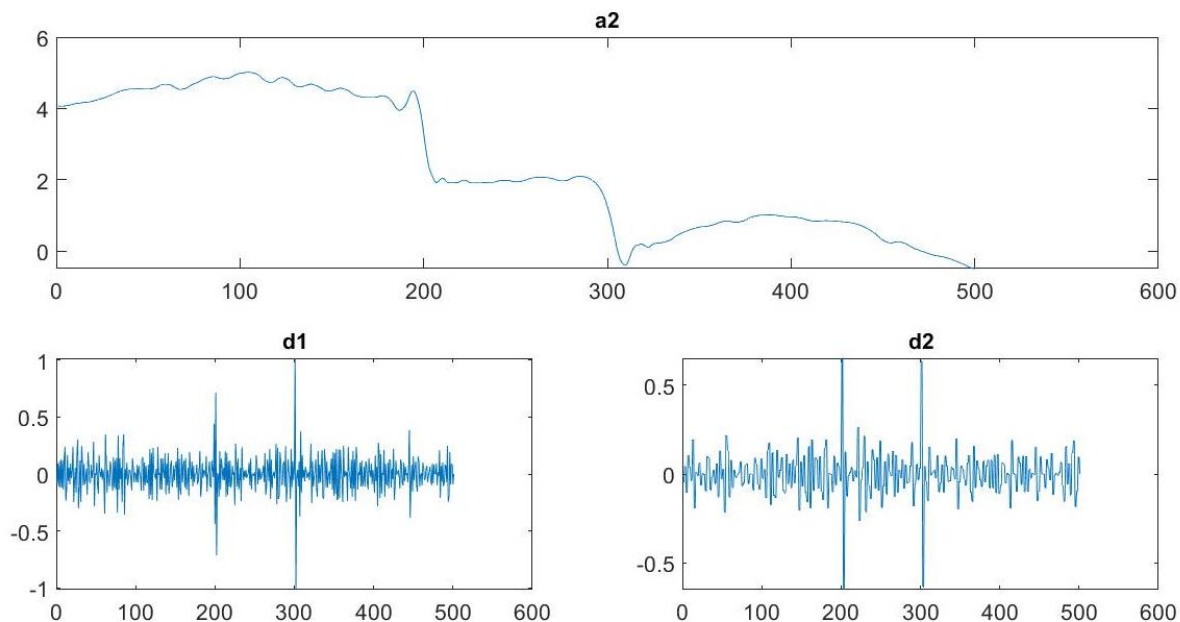


Рисунок 4. Результати вейвлет-розкладання з використанням хвильової функції сімейства Хаара

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Вейвлет-анализ. Основы. – Режим доступу до ресурсу: <https://habr.com/ru/post/449646/> – 2019 г.
- [2] Приложения вейвлет-анализа. – Режим доступу до ресурсу: <https://basegroup.ru/community/articles/wavelet-applications> – 2006 г.
- [3] Яковлев А. Н. Введение в вейвлет-преобразования : [Учебное пособие] / Яковлев А. Н. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 107с.

*Наук. керівник – д.т.н., проф. Бурау Н. І.*